

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2009/2010

April/Mei 2010

## **EBS 323/3 - Pyrometallurgy** ***[Pirometalurgi]***

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please ensure that this examination paper contains SIX printed pages and ONE page APPENDIX before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM muka surat beserta SATU muka surat LAMPIRAN yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

This paper consists of SEVEN questions.  
*[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.]*

**Instruction:** Answer **FIVE** questions. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab **LIMA** soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.  
*[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]*

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.  
*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.  
*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]*

1. [a] Discuss the major reactions involved with the indirect reaction inside an iron blast furnace.

*Bincangkan tindakbalas utama yang terlibat dengan tindakbalas tidak langsung dalam besi relau bagas.*

(50 marks/markah)

- [b] An iron blast furnace produces hot metal using hematite ore, coke, and flux. The volume of the air blast used is  $2885 \text{ Nm}^3/\text{thm}$ , the coke used is  $900 \text{ kg/thm}$  and the coke contains 88%C. Calculate the % of C from coke that burns at the tuyeres. Assume that air blast contains 21% oxygen by volume, and molar volume of oxygen is  $22.4 \text{ Nm}^3$ .

*Satu relau bagas besi menghasilkan logam paras menggunakan bijih hematit, arang kok dan fluks. Isipadu bagas udara yang digunakan ialah  $2885 \text{ Nm}^3/\text{thm}$ , arang kok yang digunakan ialah  $900 \text{ kg/thm}$  dan mengandungi 88%C. Kira % C daripada arang kok yang terbakar pada tuyeres. Anggapkan bagas udara mengandungi 21% isipadu oksigen dan  $22.4 \text{ Nm}^3$  isipadu molar oksigen.*

(50 marks/markah)

2. [a] If the blast furnace operator wants to maintain the ratio of  $\text{CO}/\text{CO}_2$  to be 1.8:1, ignoring the amount of  $\text{CO}_2$  added by the decomposition of  $\text{CaCO}_3$ , calculate,

- (i) The weight of carbon required per ton of iron reduced.
- (ii) The volume of air required per ton of iron reduced.

Given: atomic weights of Fe = 56, O = 16, C = 12

*Sekiranya pengendali relau bagas ingin mengekalkan nisbah  $\text{CO}/\text{CO}_2$  menjadi 1.8:1, dengan mengabaikan jumlah  $\text{CO}_2$  yang ditambah oleh penguraian  $\text{CaCO}_3$ , kirakan:*

- (i) *Berat karbon yang diperlukan per tan besi yang diturunkan.*
- (ii) *Isipadu udara yang diperlukan per tan besi yang diturunkan.*

*Diberi berat atom Fe = 56, O = 16, C = 12*

(50 marks/markah)

- [b] You are asked to decide the optimum process route for steel making. Analyze and suggest the iron making and steel making unit processes that can be adopted under the following conditions:
- (i) Finished steel should be of very low sulphur.
  - (ii) Your iron ore does not have high strength and most of the ore reserve contains only fines.
  - (iii) The amount of coking coal available to you is limited but you have enough reserve of non-coking coal.
  - (iv) The location of your plant has a shortage of electric power.

*Anda diminta untuk menentukan proses optimum untuk pembuatan keluli. Analisa dan cadangkan unit proses pembuatan besi dan keluli yang boleh diterima di bawah keadaan berikut:*

- (i) *Besi keluli yang dihasilkan seharusnya rendah sulfur.*
- (ii) *Bijih besi anda tidak mempunyai kekuatan yang tinggi dan kebanyakan daripada bijih simpanan adalah dari jenis yang halus.*
- (iii) *Jumlah arang batu kok yang boleh didapati adalah terhad tetapi anda mempunyai bukan arang batu kok yang mencukupi.*
- (iv) *Lokasi kilang anda adalah kekurangan kuasa elektrik.*

(50 marks/markah)

3. [a] Based on the major features, compare between the gas based and coal based DRI technologies.

*Berdasarkan ciri-ciri utama, bandingkan teknologi DRI berasaskan gas dan arang batu.*

(50 marks/markah)

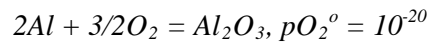
- [b] Discuss in brief and show schematically the sequence of removal of C, Si, Mn, and P from hot metal during steel making in LD.

*Bincangkan secara ringkas dan tunjukkan secara berjadual urutan penyingkiran C, Si, Mn, dan P daripada logam panas semasa pembuatan keluli di LD.*

(50 marks/markah)

4. [a] At 1600°C,  
 $2\text{Al} + 3/2\text{O}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3, p\text{O}_2^\circ = 10^{-20}$   
 $\text{Mn} + 1/2\text{O}_2 = \text{MnO}, p\text{O}_2^\circ = 10^{-3}$   
 then at  $p\text{O}_2^\circ = 10^{-17}$ , what will be the relative stability of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{MnO}$ ?

*Pada 1600°C*



*kemudian pada  $p\text{O}_2^\circ = 10^{-17}$ , apakah yang akan menjadi kestabilan relatif bagi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{MnO}$ ?*

(25 marks/markah)

- [b] Point out the major roles played by  $\text{N}_2$  in a blast furnace.

*Dapatkan peranan utama yang dimainkan oleh  $\text{N}_2$  dalam relau bagas.*

(25 marks/markah)

- [c] Why natural gas is often injected through the bottom tuyeres in a bottom blown oxygen steel making process?

*Kenapakah gas asli biasanya disuntik melalui dasar tuyeres dalam proses pembuatan keluli tiupan dasar oksigen?*

(25 marks/markah)

- [d] What is the effect of sea water on the re-oxidation kinetics of DRI?

*Apakah kesan air laut kepada tindakbalas pengoksidaan semula kinetic DRI?*

(25 marks/markah)

5. [a] Make a comparative assessment among the top blown, bottom blown, and combined blown processes of steel making in terms of process inputs, kinetics, product quality, etc.

*Buatkan satu penafsiran secara perbandingan di antara tiupan atas, tiupan dasar dan proses gabungan tiupan pembuatan keluli dari segi proses input, kinetik dan kualiti produk, etc.*

(40 marks/markah)

- [b] An LD converter is treating 130 tons of hot metal containing C = 4.2%, Si = 1.8%, Mn = 0.8%, P and S = negligible, rest being iron to produce steel with C = 0.3%, Si = 0.4%, Mn = 0.7%. If pure CaO is added to the converter to produce a slag with 40% CaO and the slag has 10% FeO, calculate:

*Satu penukar LD menggunakan 130 tan logam purata yang mengandungi C = 4.2%, Si = 1.8%, Mn = 0.8%, P dan S = diabaikan selebihnya adalah besi untuk menghasilkan keluli dengan C = 0.3%, Si = 0.4%, Mn = 0.7%. Jika CaO tulen ditambahkan kepada penukar tersebut untuk menghasilkan jermang dengan 40% CaO dan jermang mempunyai 10% FeO, kirakan:*

- (i) Composition of the slag produced

*Komposisi jermang yang dihasilkan*

(20 marks/markah)

- (ii) Weight of the slag produced in tons

*Berat jermang yang dihasilkan dalam tan*

(20 marks/markah)

- (iii) Theoretical O<sub>2</sub> composition in Nm<sup>3</sup> per ton of hot metal

*Komposisi teori O<sub>2</sub> dalam Nm<sup>3</sup> per tan logam panas*

(20 marks/markah)

6. [a] Describe briefly using a flowsheet the extraction process of alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) by the Bayer process.

*Huraikan secara ringkas dengan menggunakan carta alir proses pengekstrakan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) oleh proses Bayer.*

(50 marks/markah)

- [b] Explain the working principle of the Hall-Heroult fused salt electrolytic process.

*Jelaskan prinsip kerja proses elektrolitik garam terlakur Hall-Heroult.*

(50 marks/markah)

7. [a] With the help of the given predominance diagram for Ni-O-S system at 1000K (Appendix 1), predict the predominant phases present with two different gas mixtures (i) 1% $\text{O}_2$  + 1% $\text{SO}_2$  and (ii) 5% $\text{O}_2$  + 3% $\text{SO}_2$ .

*Dengan bantuan gambarajah penguasaan untuk sistem Ni-O-S pada suhu 1000K (Lampiran 1), ramalkan fasa yang lebih banyak yang terdapat pada dua campuran gas yang berbeza (i) 1% $\text{O}_2$  + 1% $\text{SO}_2$  dan (ii) 5% $\text{O}_2$  + 3% $\text{SO}_2$ .*

(30 marks/markah)

- [b] Describe the principle of selective distillation used in the purification of two metals.

*Huraikan prinsip penyulingan terpilih yang digunakan dalam penulenan dua logam.*

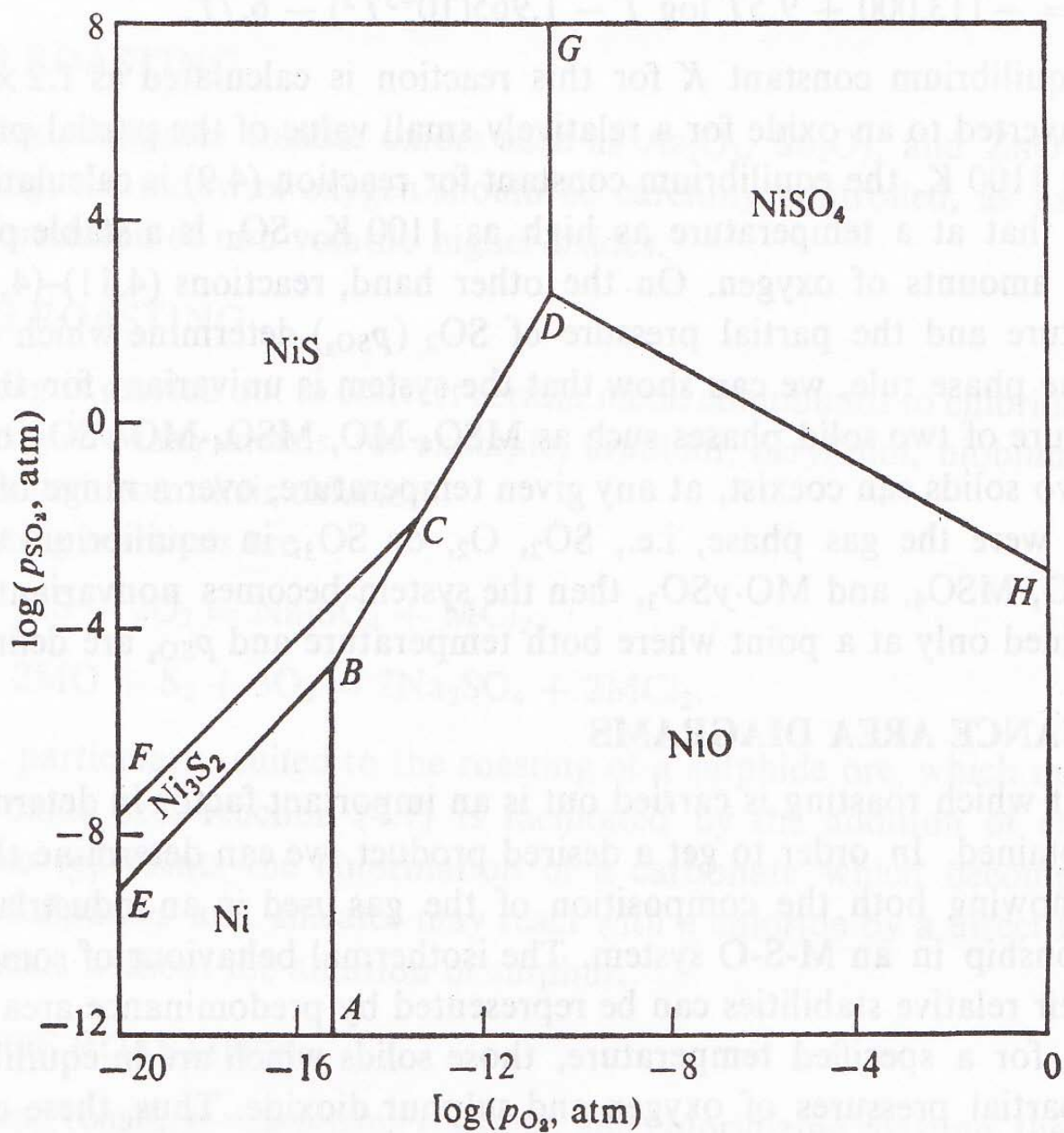
(40 marks/markah)

- [c] Outline the principles of applying vacuum in the purification of non-ferrous metals.

*Rumuskan prinsip penggunaan vakum dalam penulenan logam-logam tak ferus.*

(30 marks/markah)

- 7 -  
- oooOooo -

**Appendix 1****Lampiran 1**

(a) Ni-S-O system at 1000 K